

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-331539

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H01B 7/02

H01B 3/00

H01B 3/30

(21)Application number : 11-141059

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 21.05.1999

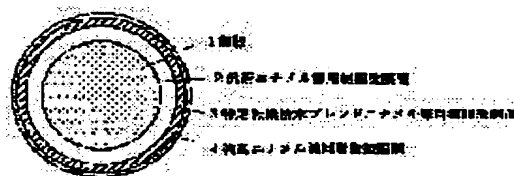
(72)Inventor : KIKUCHI HIDEYUKI  
ITONAGA SADAMI

## (54) INVERTER SURGE RESISTANT ENAMELED WIRE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an inverter surge resistant enameled wire superior in an initial value and V-t characteristics (voltage/dielectric breakdown service life characteristics) after extension.

**SOLUTION:** A versatile enameled wire resin coating layer 2 is provided right over a conductive wire, and a specific inorganic powder blended resin coating layer 3 for enameled wires comprising 100 wt. parts of a heat resistant resin for enameled wires, 30 to 100 wt. parts of an inorganic powder with a particle size  $\phi$ ; not more than 0.1  $\mu\text{m}$ , and 0.1 to 30 wt. parts of an affinity agent of the inorganic powder with the heat resistant resin for enameled wires is provided on an upper layer of the versatile enameled wire resin coating layer 2. Preferably, a toughened resin coating layer 4 for enameled wires is provided on an upper layer of the specific inorganic powder blended resin coating layer 3 for enameled wires.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-331539

(P2000-331539A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I     | テームコード <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|------|---------|--------------------------|
| H 0 1 B                   | 7/02 | H 0 1 B | A 5 G 3 0 3              |
|                           | 3/00 |         | A 5 G 3 0 5              |
|                           | 3/30 |         | F 5 G 3 0 9              |

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-141059

(22) 出願日 平成11年 5 月 21 日 (1999. 5. 21)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号

(72) 発明者 菊池 英行

茨城県日立市川尻町 4 丁目 10 番 1 号 日立

電線株式会社豊浦工場内

(72) 発明者 糸永 貞美

茨城県日立市川尻町 4 丁目 10 番 1 号 日立

電線株式会社豊浦工場内

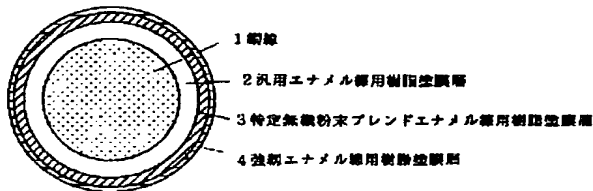
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐インパルスサージエナメル線

(57) 【要約】

【課題】 初期値及び伸長後の V-t 特性 (電圧-絶縁破壊寿命特性) が優れた耐インパルスサージエナメル線を提供することにある。

【解決手段】 (1) 導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂 100 重量部と、粒径  $\phi 0.1 \mu\text{m}$  以下の無機粉末 30~100 重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤 0.1~30 重量部とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けて成ることを特徴とする耐インパルスサージエナメル線。(2) 導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂 100 重量部と、粒径  $\phi 0.1 \mu\text{m}$  以下の無機粉末 30~100 重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤 0.1~30 重量部とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設け、しかも該特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上層に強靱エナメル線用樹脂塗膜層を設けて成ることを特徴とする耐インパルスサージエナメル線。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂100重量部と、粒径 $\phi 0.1\mu\text{m}$ 以下の無機粉末30～100重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤0.1～30重量部とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けて成ることを特徴とする耐インバータサージエナメル線。

【請求項2】無機粉末が、シリカ、酸化チタン、アルミ10ナ、ジルコニア、マイカ、タルク、炭化珪素、窒化珪素の中から選ばれた1種又は2種以上の混合物であることを特徴とする請求項1記載の耐インバータサージエナメル線。

【請求項3】無機粉末と耐熱エナメル線用樹脂との親和剤が、カップリング剤若しくはアルコキシド又はカップリング剤とアルコキシドの混合物であることを特徴とする請求項1記載の耐インバータサージエナメル線。

【請求項4】カップリング剤が、シラン系化合物、チタン系化合物、アルミニウム系化合物の中から選ばれた120種又は2種以上の混合物であることを特徴とする請求項1記載の耐インバータサージエナメル線。

【請求項5】アルコキシドが、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラプロポキシチタン、テトラブトキシチタン、テトラステアリルオキシチタン、テトラブトキシジルコニウム、トリエトキシアルミニウム、トリメトキシアルミニウムの中から選ばれた1種又は2種以上の混合物であることを特徴とする請求項1記載の耐インバータサージエナメル線。

【請求項6】導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設30け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂100重量部と、粒径 $\phi 0.1\mu\text{m}$ 以下の無機粉末30～100重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤0.1～30重量部とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上層に強靱エナメル線用樹脂塗膜層を設けて成ることを特徴とする耐インバータサージエナメル線。

【請求項7】強靱エナメル線用樹脂塗膜層がポリアミドイミド樹脂塗膜層であることを特徴とする請求項6記載40の耐インバータサージエナメル線。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、耐インバータサージエナメル線に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】インバータは効率的な可変速制御装置として、多くの電気機器に取り付けられるようになってきている。

【0003】インバータは数kHz～数十kHzでスイ50

2

ッチングが行われ、それらのパルス毎にサージ電圧が発生する。インバータサージはその伝搬系内でインピーダンスの不連続点、例えば接続する配線の始端、終端等において反射が発生し、その結果最大でインバータ出力電圧の2倍の電圧が印加される現象である。特に、IGBT等の高速スイッチング素子により発生する出力パルスは電圧俊度が高く、それにより接続ケーブルが短くてもサージ電圧が高く、更にその接続ケーブルによる電圧減衰も小さく、その結果インバータ出力電圧の2倍近い電圧が発生するのである。

【0004】インバータ関連機器、例えば高速スイッチング素子、インバータモーター、変圧器等の電気機器コイルにはマグネットワイヤとして大量のエナメル線が用いられている。しかも前述したように、インバータ関連機器ではそのインバータ出力電圧の2倍近い電圧がかかることから、それら電気機器コイルを構成する材料の一つであるエナメル線のインバータサージ劣化を最小限にすることが要求されるようになってきている。

【0005】エナメル線のインバータサージ劣化は、インバータで発生した波高値の高いサージ電圧によりエナメル線に部分放電が起こり、その部分放電によりエナメル線の塗膜が部分放電劣化を引き起こす現象、つまり高周波部分放電劣化である。

【0006】一般に、部分放電劣化は電気絶縁材料がその部分放電で発生した荷電粒子の衝突による分子鎖切断劣化、スパッタリング劣化、局部温度上昇による熱溶融或いは熱分解劣化、放電で発生したオゾンによる化学的劣化等が複雑に起こる現象である。このような訳で、実際の部分放電で劣化した電気絶縁材料では厚さが減少したりすることが見られる。

【0007】エナメル線のインバータサージ劣化も一般の部分放電劣化と同様なメカニズムで進行するものと考えられている。

【0008】ところで部分放電劣化に強い電気絶縁材料としては金属酸化物、珪素酸化物、金属窒化物、セラミックス等の無機質系電気絶縁材料が知られている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらエナメル線は、そのエナメル塗膜層が本質的に有機質系電気絶縁材料のエナメル線用樹脂から成るためその耐インバータサージ劣化性が無機質系電気絶縁材料より劣っている。

【0010】そこで、ベースエナメル線用樹脂に無機粉末をブレンドして成る無機粉末ブレンドエナメル線が提案されている。

【0011】この無機粉末ブレンドエナメル線はそのままの状態でV-t寿命試験（電圧-絶縁破壊寿命試験）を行うと、そのV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が良好である。

【0012】しかし、この無機粉末ブレンドエナメル線を巻線して電気機器コイルを作成し、次にその得られた

3

電気機器コイルについてV- $\tau$ 寿命試験（電圧-絶縁破壊寿命試験）を行うと、そのV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が極めて悪い。

【0013】これは、この無機粉末ブレンドエナメル線の可撓性等の機械的特性が悪く、そのため電気機器コイルの巻線作業時に曲げや伸張を受けて機械的に損傷し、その結果V- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が悪化するのである。

【0014】そこで、この無機粉末ブレンドエナメル線の機械的特性を改善する試みが幾つか為されている。 10

【0015】このような無機粉末ブレンドエナメル線の機械的特性を改善する手段として無機粉末ブレンドエナメル線の上層へポリアミド樹脂、若しくはポリアミドイミド樹脂若しくは潤滑剤等をオーバーコートする方法がある。しかし、これらをオーバーコートして成る無機粉末ブレンドエナメル線でもそのV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が顕著に改善できないのである。

【0016】また、このような無機粉末ブレンドエナメル線の機械的特性を改善する手段として無機粉末ブレンドエナメル線の下層、即ち導線直上へ汎用エナメル線用 20 塗料、例えばポリエステルエナメル線用塗料、ポリエステルイミドエナメル線用塗料、ポリアミドイミドエナメル線用塗料等を塗布、焼き付けすることが提案されている。しかし、この汎用エナメル線用塗料をアンダーコートしてもそのV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を顕著に改善できないのが実情である。

【0017】本発明はかかる点に立って為されたものであって、その目的とするところは前記した従来技術の欠点を解消し、初期値及び伸長後のV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が優れた耐インバータサージエナメル 30 線を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨とするところは、次の2点にある。

【0019】（1）導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂100重量部と、粒径 $\phi$ 0.1 $\mu$ m以下の無機粉末30～100重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤0.1～30重量部 40 とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けて成ることを特徴とする耐インバータサージエナメル線。

【0020】（2）導線直上に汎用エナメル線樹脂塗膜層を設け、且つ該汎用エナメル線樹脂塗膜層の上層に耐熱エナメル線用樹脂100重量部と、粒径 $\phi$ 0.1 $\mu$ m以下の無機粉末30～100重量部と、該無機粉末と前記耐熱エナメル線用樹脂との親和剤0.1～30重量部 50 とから成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設け、しかも該特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上層に強靱エナメル線用樹脂塗膜層を設け

4

て成ることを特徴とする耐インバータサージエナメル線。

【0021】本発明において無機粉末と耐熱エナメル線用樹脂との親和剤は、カップリング剤若しくはアルコキシド又はカップリング剤とアルコキシドの混合物であることが好ましい。

【0022】本発明においてカップリング剤としてはシラン系化合物、チタン系化合物、アルミニウム系化合物の中から選ばれた1種又は2種以上の混合物であることが好ましい。

【0023】

【発明の実施の形態】次に、本発明の耐インバータサージエナメル線の実施の形態について説明する。

【0024】ベースエナメル線用樹脂に無機粉末をブレンドして成る無機粉末ブレンドエナメル線のV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）及び機械的特性を改善させるためには、ベースエナメル線用樹脂に無機粉末を高密度に且つボイドや欠陥部を発生させることなく均一にブレンドさせることが重要である。そのために無機粉末は 粒径が非常に微細なものをを用いることが必要である。

【0025】本発明の耐インバータサージエナメル線の基本構造は、導線直上に汎用エナメル線用樹脂塗膜、その上層に特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けるようになっている。そして本発明において機械的特性を一段と改良させるときには特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜の上に、更に強靱エナメル線用樹脂塗膜層を設けるようにする。

【0026】ここにおいて導線直上に設ける汎用エナメル線用樹脂塗膜としては、ポリエステル樹脂エナメル塗膜層、ポリエステルイミド樹脂エナメル塗膜層、ポリアミドイミド樹脂エナメル塗膜層等がある。

【0027】また、特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層は汎用エナメル線用樹脂塗膜の上層に、ベース耐熱エナメル線用塗料に粒径が微細な無機粉末をブレンドして成る特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより得られるものである。ここにおいてベース耐熱エナメル線用塗料としては、ポリエステルエナメル線用塗料、ポリエステルイミドエナメル線用塗料、ポリアミドイミドエナメル線用塗料等がある。

【0028】また、微細な無機粉末としてはV- $\tau$ 特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を改善できるシリカ、酸化チタン（チタニア）、アルミナ、ジルコニア等の無機酸化物、マイカ、タルク、炭化珪素、窒化珪素等がある。

【0029】本発明においてこれら無機粉末を粒径 $\phi$ 0.1 $\mu$ m以下のものと限定したのは、ベースエナメル線用樹脂に無機粉末を高密度に且つボイドや欠陥部を発生させることなく均一にブレンドさせるためである。例えば、ベースエナメル線用樹脂に粒径 $\phi$ 0.3 $\mu$ m以上の無機粉末をブレンドして成る無機粉末ブレンドエナメ

5

ル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより得られる無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層ではボイドや欠陥部が多数発生し、その結果目的とするV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を改善することができないのである。

【0030】更に、本発明においてベース耐熱エナメル線用塗料の樹脂分100重量部に対して無機粉末の配合量を30~100重量部と限定したのは、30重量部以下ではV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）の改善効果が小さく、逆に100重量部以上では伸張後や電気機器コイル巻線後のV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を悪化させるためである。

【0031】本発明においてカップリング剤又はアルコキシドを配合するのは、ベース耐熱エナメル線用塗料の樹脂分と無機粉末とを強力に結合し、それによって得られる耐インバータサージエナメル線の機械的特性及びV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を顕著に向上させるためである。

【0032】ここにおいてカップリング剤は無機粉末との親和性が高い無機親和基と、ベース耐熱エナメル線用塗料の樹脂分との親和性が高い樹脂親和基とを有するものである。無機親和基としてはアルコキシド基等がある。また、樹脂親和基としてはエポキシ基等がある。

【0033】カップリング剤としては、シラン系化合物、チタン系化合物、アルミニウム系化合物等がある。シラン系化合物としては、ビニルトリエトキシシラン、ビニルトリメトキシシラン、グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、アミノプロピルトリエトキシシラン、メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン等がある。チタン系化合物としては、イソプロピルトリイソステアロイルチタネート、イソプロピルジメタクリルイソステアロイルチタネート等がある。アルミニウム系化合物としては、アセトアルコキシアルミニウムジイソプロピレート等がある。

【0034】本発明において特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上層に設けるエナメル線用樹脂塗膜層としては、ポリアミド樹脂エナメル塗膜層、ポリアミドイミド樹脂エナメル塗膜層等がある。

【0035】本発明においてアルコキシドとしては、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラプロポキシチタン、テトラブトキシチタン、テトラステアリルオキシチタン、テトラブトキシジルコニウム、トリエトキシアルミニウム、トリメトキシアルミニウム等がある。

【0036】本発明において強靱エナメル線用樹脂塗膜層としては、ポリアミドイミド樹脂塗膜層、ポリアミド樹脂塗膜層等がある。

【0037】

【実施例】次に、本発明の耐インバータサージエナメル線の実施例を比較例と共に説明する。

6

【0038】（実施例1）まず、導体径 $\phi 1.0$ mmの銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ $25\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることにより汎用エナメル線用樹脂塗膜層のイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0039】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi 0.02\mu\text{m}$ の酸化チタン粉末を50重量部、日本曹達株式会社のチタン系カップリング剤のチタニウムステアレートのチタコートS151を5重量部配合することにより実施例1の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0040】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た実施例1の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ $7\mu\text{m}$ の実施例1の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0041】次に、その実施例1の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、強靱エナメル線用樹脂塗膜層としてポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ $5\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、実施例1の耐インバータサージエナメル線を得た。

【0042】図1は、実施例1の耐インバータサージエナメル線の断面図を示したものである。

【0043】図1において1は銅線、2は汎用エナメル線用樹脂塗膜層、3は特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層、4は強靱エナメル線用樹脂塗膜層である。

【0044】（実施例2）まず、導体径 $\phi 1.0$ mmの銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ $25\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0045】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi 0.02\mu\text{m}$ の酸化チタン粉末を75重量部、日本曹達株式会社のチタン系カップリング剤のチタニウムステアレートのチタコートS151を3重量部、日本曹達株式会社のチタン系カップリング剤のテトラ-n-ブトキシチタンポリマーのB-10を1重量部配合することにより実施例2の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0046】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た実施例2の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ $7\mu\text{m}$ の実施例2の特定無機粉末ブレンドエナ

7

メル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0047】次に、その実施例2の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ5 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、実施例2の耐インバータサージエナメル線を得た。

【0048】(実施例3) まず、導体径 $\phi$ 1.0mmの銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ25 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0049】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、日立化成工業のポリイミドエナメル線用塗料HI-406の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi$ 0.05 $\mu$ mの酸化珪素粉末を75重量部、テトラメトキシシランを20重量部、信越化学工業株式会社のテグリスドキシプロピルトリメトキシシランのKBM403を0.5重量部配合することにより、実施例3の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0050】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た実施例3の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ7 $\mu$ mの実施例3の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0051】次に、その実施例3の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ5 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、実施例3の耐インバータサージエナメル線を得た。

【0052】(実施例4) まず、導体径 $\phi$ 1.0mmの銅線の上に、日立化成工業のポリアミドイミドエナメル線用塗料HI-406を厚さ10 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けすることにより汎用エナメル線用樹脂塗膜層のポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けた。

【0053】次に、そのポリアミドイミド樹脂塗膜層の上に、日立化成工業のポリアミドイミドエナメル線用塗料HI-406の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi$ 0.05 $\mu$ mの酸化珪素粉末を30重量部、テトラメトキシシランを20重量部、信越化学工業株式会社のピニルトリメトキシシランのKBM1003を0.5重量部、日本曹達株式会社のテトラ-*n*-ブトキシチタンのTBTを0.3重量部配合することにより実施例4の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0054】次に、上記で得たポリアミドイミド樹脂塗膜層の上に、上記で得た実施例4の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けて厚さ27 $\mu$ mの実施例4の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けることにより実施例4の耐インバータサージエナメル線を得た。

【0055】図2は、実施例4の耐インバータサージエナメル線の断面図を示したものある。

8

【0056】図2において1は銅線、2は汎用エナメル線用樹脂塗膜層、3は特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層である。

【0057】(実施例5) まず、導体径 $\phi$ 1.0mmの銅線の上に、日立化成工業のポリアミドイミドエナメル線用塗料HI-406を厚さ10 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けすることによりポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けた。

【0058】次に、そのポリアミドイミド樹脂塗膜層の上に、日立化成工業のポリアミドイミドエナメル線用塗料HI-406の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi$ 0.02 $\mu$ mの酸化チタン粉末を30重量部、日本曹達株式会社のテトラステアリルオキシチタンのTSTを10重量部、テトラ-*n*-ブトキシチタンポリマーを0.3重量部配合することにより、実施例5の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0059】次に、上記で得たポリアミドイミド樹脂塗膜層の上に、上記で得た実施例5の特定無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けて厚さ27 $\mu$ mの実施例5の特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けることにより、実施例5の耐インバータサージエナメル線を得た。

【0060】(比較例1) まず、導体径 $\phi$ 1.0mmの銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ25 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0061】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、大日精化工業のトリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi$ 0.02 $\mu$ mの酸化チタン粉末を20重量部、日本曹達株式会社のチタン系カップリング剤のチタニウムステアレートのチタコートS151を5重量部配合することにより、比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0062】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ7 $\mu$ mの比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0063】次に、その比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ5 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線を得た。

【0064】(比較例2) まず、導体径 $\phi$ 1.0mmの銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ25 $\mu$ mとなるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0065】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗

9

膜層の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi 0.02\mu\text{m}$ の酸化チタン粉末を120重量部、日本曹達株式会社のチタン系カップリング剤のチタニウムステアレート（チタコートS151）を5重量部配合することにより、比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0066】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ $7\mu\text{m}$ の比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0067】次に、その比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ $5\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線を得た。

【0068】（比較例3）まず、導体径 $\phi 1.0\text{mm}$ の銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ $25\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0069】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi 0.02\mu\text{m}$ の酸化チタン粉末を75重量部配合することにより、比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0070】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ $7\mu\text{m}$ の比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0071】次に、その比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ $5\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線を得た。

【0072】（比較例4）まず、導体径 $\phi 1.0\text{mm}$ の銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚

10

さ $25\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることによりイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を設けた。

【0073】次に、そのイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402の樹脂分100重量部に、粒径 $\phi 0.30\mu\text{m}$ の酸化チタン粉末を75重量部配合することにより、比較例4の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を得た。

【0074】次に、上記で得たイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層の上に、上記で得た比較例4の無機粉末ブレンドエナメル線用塗料を塗布、焼き付けすることにより厚さ $7\mu\text{m}$ の比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層を設けた。

【0075】次に、その比較例4の無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層の上に、ポリアミドイミドエナメル線用塗料を厚さ $5\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けてポリアミドイミド樹脂塗膜層を設けることにより、比較例4の無機粉末ブレンドエナメル線を得た。

【0076】（比較例5）導体径 $\phi 1.0\text{mm}$ の銅線の上に、イミド変性ポリエステルエナメル線用塗料を厚さ $37\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることにより比較例5のイミド変性ポリエステル樹脂塗膜層を得た。

【0077】（比較例6）導体径 $\phi 1.0\text{mm}$ の銅線の上に、大日精化工業のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線用塗料EH-402を厚さ $37\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることにより比較例6のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線を得た。

【0078】（比較例7）導体径 $\phi 1.0\text{mm}$ の銅線の上に、日立化成工業のポリアミドイミドエナメル線用塗料HI-406を厚さ $37\mu\text{m}$ となるように塗布、焼き付けすることにより比較例7のポリアミドイミドエナメル線を得た。

【0079】（エナメル線の特性試験方法）エナメル線の特性試験はJIS-C3003に準じて行った。

【0080】（エナメル線の特性試験結果）これらのエナメル線の特性試験結果は表1に示す通りである。

【0081】

【表1】

| 試験例1                    | 試験例2                | 試験例3                | 試験例4                | 試験例5                | 比較例1                | 比較例2                | 比較例3                | 比較例4                | 比較例5                | 比較例6                | 比較例7                |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                         |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 100                     | 100                 |                     |                     |                     | 100                 | 100                 | 100                 | 100                 |                     |                     |                     |
| ポリアミドイミド樹脂              |                     | 100                 | 100                 | 100                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 平均粒径 0.02 $\mu$ m 酸化チタン | 75                  |                     |                     |                     | 20                  | 120                 | 75                  |                     |                     |                     |                     |
| 平均粒径 0.30 $\mu$ m 酸化チタン |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 75                  |                     |                     |                     |
| 平均粒径 0.03 $\mu$ m 酸化チタン | 3                   | 30                  |                     |                     | 6                   | 6                   |                     |                     |                     |                     |                     |
| チタニウムステアレート             |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| テトラ-n-ブチルオキシチタン         |                     | 0.3                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| テトラ-n-ブチルオキシチタン         | 1.0                 |                     |                     | 0.3                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| テトラメトキシチタン              |                     | 20                  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| テトラメトキシチタン              | 0.5                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| ビス(トリメチルホスホニル)メタン       |                     | 0.5                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| ビス(トリメチルホスホニル)メタン       |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| 下層                      | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 |
| 中間層                     | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 |
| 上層                      | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 | THEIC活性<br>%<br>100 |
| 厚さ                      | 下層厚<br>0.025        | 中間層厚<br>0.007       | 上層厚<br>0.005        | 仕上層厚<br>0.010       | 下層厚<br>0.025        | 中間層厚<br>0.007       | 上層厚<br>0.005        | 仕上層厚<br>0.010       | 下層厚<br>0.025        | 中間層厚<br>0.007       | 上層厚<br>0.005        |
| 寸法 (mm)                 | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                |
| 可とう生 2.0%               | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                |
| 絶縁破壊電圧 (kV)             | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                |
| V <sub>0.1</sub> 特性 (h) | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                |
| 100Hz-1kV正逆             | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                | 13.8                | 14.0                | 13.5                | 13.2                |

【0082】表1から分かるように比較例1の無機粉末ブレンドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で1.5h、10%伸張後で1.3h、20%伸張後で1.1h等と極めて悪い。

【0083】比較例2の無機粉末ブレンドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で15.8hとよいが、10%伸張後では0.60h、20%伸張後では0.13hと極めて悪い。また、可撓性 50

で20%伸張後の巻付試験で亀裂の発生しない巻き付け径が自己径の3倍径と悪い。

【0084】比較例3の無機粉末ブレンドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で14.6hとよいが、10%伸張後では0.40h、20%伸張後では0.08hと極めて悪い。また、可撓性で20%伸張後の巻付試験で亀裂の発生しない巻き付け径が自己径の2倍径と悪い。



13

【0085】比較例4の無機粉末ブレンドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値でも5.0hと悪く、10%伸張後では0.15h、20%伸張後では0.07hと極めて悪い。また、可撓性で20%伸張後の巻付試験で亀裂の発生しない巻き付け径が自己径の3倍径と悪い。

【0086】比較例5のイミド変性ポリエステル樹は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で0.70h、10%伸張後で0.68h、20%伸張後で0.54hと極めて悪い。

【0087】比較例6のトリス（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート変性ポリエステルイミドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で0.52h、10%伸張後で0.44h、20%伸張後で0.40hと極めて悪い。

【0088】比較例7のポリアミドイミドエナメル線は、V-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が初期値で0.35h、10%伸張後で0.32h、20%伸張後で0.29hと極めて悪い。

【0089】これらに対して実施例1～5の耐インバー<sup>20</sup>

14

\*タサージエナメル線は、可撓性に係る20%伸張後の巻付試験において塗膜に亀裂が発生しない巻き付け径が自己径と優れており、しかも初期値及び伸張後のV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）が顕著に優れている。

【0090】

【発明の効果】本発明の耐インバータサージエナメル線は可撓性が顕著に優れており、それにより初期値及び伸張後も優れたV-t特性（電圧-絶縁破壊寿命特性）を発揮できるものであり、工業上有用である。

10 【図面の簡単な説明】

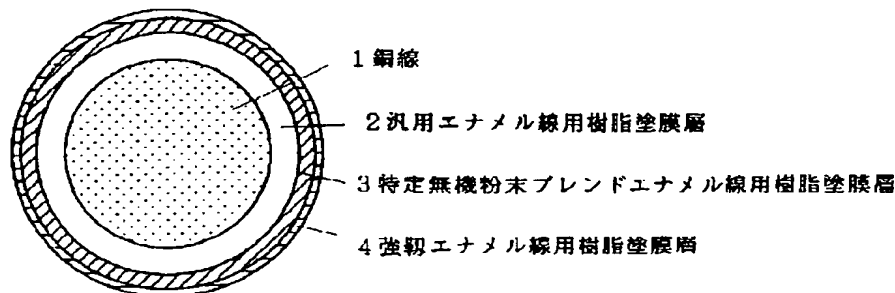
【図1】本発明の実施例1の耐インバータサージエナメル線の断面図を示したものある。

【図2】本発明の実施例4の耐インバータサージエナメル線の断面図を示したものある。

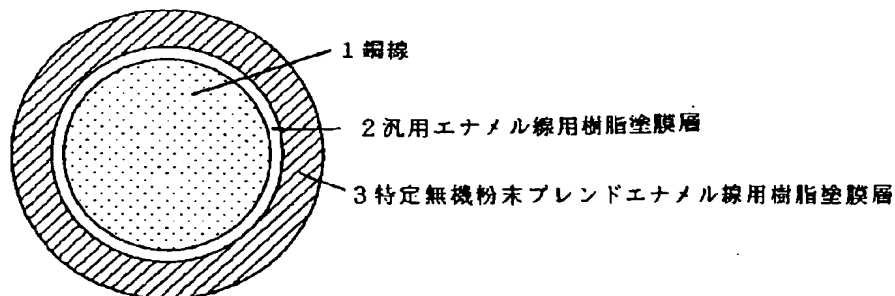
【符号の説明】

- 1 銅線
- 2 汎用エナメル線用樹脂塗膜層
- 3 特定無機粉末ブレンドエナメル線用樹脂塗膜層
- 4 強靱エナメル線用樹脂塗膜層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5G303 AA06 AB01 AB03 AB12 BA03  
CA11  
5G305 AA02 AA11 AB01 AB03 AB15  
AB17 BA09 BA25 CA11 CA21  
CA22 CA24 CC02 CC04 CC05  
CC13 CD01 CD06  
5G309 CA10 LA06 LA12 MA02 MA03  
MA04 MA11